Ueber die Reflexbewegungen, welche durch die vier untersten Wurzelpaare des Froschrückenmarks ausgelöst werden.

Inaugural-Dissertation

der

medicinischen Facultät zu Königsberg

zur

Erlangung der Doctorwürde in der Medicin, Chirurgie und Geburtshülfe

vorgelegt und vertheidigt

am 25. März 1869, 11 Uhr Vormittags

vom Verfasser

Junius Georg Immanuel Hein

aus Jurgaiczen.

Opponenten:

E. Neumann, Cand. med.

C. Borbe, Cand. med.

Gedruckt bei Gruber & Longrien (G. Longrien).

Seinen hochverehrten Lehrern

Herrn

Professor Dr. v. Wittich,

Director des Königl. physiologischen Instituts zu Königsberg i. Pr.

und

Herrn

Professor Dr. Leyden,

Medicinalrath und Direktor der Königl. medicinischen Klinik zu Königsberg i. Pr.

in dankbarer Hochachtung gewidmet

vom

Verfasser.

Alle in den thierischen Organismen vorkommende Bewegungen hat man bekanntlich von je her in zwei grosse Gruppen eingetheilt: in willkürliche und in Reflexbewegungen. Während man für die ersteren, die ihre Entstehung einem freien Willensimpuls verdanken sollen, fast allgemein als Entstehungsort die oberhalb der medulla oblong. gelegenen Hirntheile in Anspruch nahm, verlegte man den Sitz der Reflexübertragung in die medulla spinal. Dabei spielte die med. oblong. bei den verschiedenen Autoren eine zwiefache Rolle, indem die Einen sie noch mit zum Sitz willkürlicher Innervation machten, die Andern ihr ausschliesslich die Aufgabe der Reflexübertragung beilegten. Dieser Streit, glaube ich, wird darum niemals zu entscheiden sein, weil ein eigentliches Kriterium für die willkürlichen und Reflexbewegungen nicht vorhanden, und diese Sonderung eine, meiner Ansicht nach, unberechtigte ist. Es existiren nämlich nach meiner Auffassung im Thierkörper keine im eigentlichen Sinne willkürliche, spontane Bewegungen, sondern es wird sich für jede scheinbar noch so willkürliche Bewegung als

erste Ursache ein von der Aussenwelt herstammendes Movens, eine Empfindung oder ein Sinneseindruck nachweisen lassen, und ein Thier, von dem es jeden sensibeln Eindruck fern zu halten gelänge, würde wohl nie zu einer Bewegung Veranlassung finden. Die Rolle, die dem Willenseinfluss bei den Bewegungen zufällt, würde demnach nicht in der spontanen Erregung der Muskeln, sondern in der Fähigkeit bestehen, den von der Aussenwelt herstammenden Erregungen, die nach physikalischen Gesetzen sich von den sensibeln auf motorische Nerven fortzupflanzen streben, beliebige Bahnen anzuweisen, hier zu hemmen, dort freie Bahn zu lassen; und es wäre also der Wille nicht der Erreger spontaner Bewegungen, sondern der Regulator für die von sensibeln auf motorische Nerven reflektirten Erregungen. Alle Bewegungen, die unter Mitwirkung dieses Regulators zu Stande kommen, sind die sogenannten willkührlichen, diejenigen dagegen, die dieser Einwirkung entbehren, die sogenannten Reflexbewegungen. Man sieht also, dass nach dieser Auffassung ein wesentlicher Unterschied zwischen den beiden grossen Gruppen von Bewegungen nicht besteht, indem beide einem sensibeln Reiz, als erster Ursache, ihre Entstehung verdanken. Eine wesentliche Stütze würde diese Hypothese dadurch erhalten, wenn es bewiesen werden könnte, dass nicht verschiedene, sondern dieselben Nervenbahnen bei dem Zustandekommen der sogenannten willkührlichen und Reflexbewegungen thätig sind.

Für die Entstehung der Reflexbewegungen sind von den Physiologen verschiedene Erklärungen gegeben worden. Eine jetzt allgemein verlassene, weil mit unzweifelhaft richtigen physiologischen Gesetzen in Widerspruch stehende Hypothese ist die von Volkmann angenommene Uebertragung durch Querleitung. Es sollte nach ihm bei dem blossen Aneinanderliegen der Nervenfasern die Reflexbewegung durch ein Ueberspringen der Erregung von den sensibeln auf motorische Nerven stattfinden. Eine zweite Hypothese hat zu ihrem Urheber Marshall Hall. Er sprach zuerst die Unterscheidung in willkührliche und Reflexbewegungen aus und kam dem entsprechend zu der Annahme zweier gesonderter Fasersysteme, von denen das eine der Empfindungsleitung und dem Willensimpuls, das andere, ebenfalls aus centripetal und centrifugal leitenden Fasern bestehend, der Reflexaction dienen sollte. Letzterem gab er den Namen des excito-motorischen Fasersystems. Wiewohl auch diese Annahme nur von wenigen der neueren Physiologen getheilt wird, so haben sich ihr doch neuerdings wieder einige Forscher zugewandt und sie auf experimentellem Wege zu beweisen gesucht. Eine Veranlassung, diese Frage wieder in das Bereich der Untersuchungen zu ziehen, gab die Wahrnehmung, dass die für die untern Extremitäten bestimmten Nerven in je 4 gesonderten Wurzelbündeln vom Rückenmark ihren Ursprung nehmen. Man fragte sich, ob dieser anatomischen Sonderung auch ein Unterschied in der Function

entspräche, und kam unter Anderm auf die Vermuthung, dass einige dieser Wurzeln ausschliesslich der Reflexaction dienen, also rein excitomotorischer Natur sein könnten. In diesem Sinne sind von Beresin und von Paschutin Experimente an Fröschen gemacht worden. Ersterer machte seine Untersuchungen an den hintern Nervenwurzeln*) und fand, dass von den 3 den plexus ischiad. constituirenden hintern Wurzeln die oberste (die 7. Spinalwurzel) rein sensible Nerven enthielte, die nicht im Stande wären, Reflexe auszulösen, die übrigen dagegen gemischter Function wären. In analoger Weise behauptet Paschutin**), dass nur 2 von den 4 vordern Wurzeln reflectorisch erregbar seien. Eine Widerlegung der ersteren Angabe wurde von Koschewnikoff***) in folgender Weise versucht. Nachdem er die Vertheilung der hintern Wurzeln in der Haut der Unterextremität studirt und einen von der obersten Wurzel ausschliesslich versorgten Hautbezirk gefunden hatte, reizte er denselben und erhielt beim enthaupteten Thier Reflexbewegungen. Da aber nach den Resultaten meiner Untersuchungen, die ich weiter unten angeben werde, keine

---

*) Ein experimenteller Beweis, dass die sensibeln und excitomotorischen Nervenfasern der Haut beim Frosche verschieden sind; Centralbl. f. die medic. Wissensch. 1866. No. 7.

**) Das Citat ist der Arbeit von Sanders-Ezn entnommen, der jedoch nur den Namen angiebt, das Werk selbst habe ich nicht auffinden können.

***) Ueber die Empfindungsnerven der hintern Extremitäten beim Frosche; Du Bois-Reicherts Archiv 1868 Heft III.

Hautstelle der Unterextremitäten ausschliesslich von Einer Wurzel versorgt wird, so konnte ich diese Widerlegung nicht als beweiskräftig anerkennen. — Der Paschutinschen Behauptung entgegen kam Sanders-Ezn*) zu dem Schluss: „kein motorischer Nerv ist dem Einfluss einer reflectorischen Erregung entzogen.“ Diese Schlussfolgerung basirt auf folgendem Experimente: bei einem enthirnten Frosch werden von der Bauchhöhle aus auf einer Seite 3 der vier aus dem plex. ischiad. hervorgehenden Nerven durchschnitten, darauf einmal die Haut (chemisch) und dann das periphere Ende des stehengebliebenen Nerven (elektrisch) gereizt. In beiden Fällen ergab sich dasselbe Resultat: es zucken dieselben Muskeln und in demselben Grade. — Auch dieses Experiment scheint mir die Paschutinsche Behauptung nicht zu widerlegen, denn der Erfolg könnte genau derselbe sein, wenn wirklich dem geprüften Nervenbündel nicht reflectorisch erregbare Fasern beigemischt wären, wenn man nur annimmt, dass jeder Muskel von willkührlich und von reflectorisch erregbaren Nerven versorgt wird. Letztere Annahme sollte aber eben widerlegt werden. Da demnach die Beresin'sche und die Paschutin'sche Angabe meiner Ansicht nach eine ausreichende Widerlegung nicht erfahren haben, so erschien es mir nicht überflüssig, ihre Experimente zu wiederholen, um sie auf direkte Weise entweder bestätigen oder angreifen zu können.

---

*) Vorarbeit für die Erforschung des Reflexmechanism. im Lendenmark des Fr. Aus dem physiolog. Institute zu Leipzig 1867.

Prüfung der einzelnen vorderen und hinteren Wurzeln des Lendenmarks auf ihre reflectorische Leistungsfähigkeit.

Die Versuche wurden so angestellt, dass einem Frosch während der Aethernarkose der Wirbelkanal eröffnet und alle zur untern Extremität gehenden hintern Wurzeln bis auf die zu prüfende durchschnitten wurde. Nachdem sich das Thier erholt hatte, wurde das Rückenmark dicht unter der Rautengrube durchtrennt und darauf die betreffende Unter-Extremität durch ein mit Essigsäure imprägnirtes Fliesspapierstückchen gereizt. Die Aethernarkose während der Operation anzuwenden war erlaubt, da es darauf ankam, nicht das Ausbleiben, sondern das Eintreten einer Reflexbewegung zu konstatiren. Sie erwies sich überdies insofern als vortheilhaft, als sich die Thiere sehr bald vollständig erholen, die Operation nur von minimalem Blutverlust begleitet und mit viel grösserer Sicherheit vor unbeabsichtigten Nebenverletzungen ausführbar ist. Diesen günstigen Umständen habe ich es vielleicht zu verdanken, dass ich alle 4 hinteren Wurzeln (Beresin spricht nur von 3 und scheint die unterste sehr dünne übersehen zu haben) reflectorisch leistungsfähig fand. Allerdings blieben in einigen wenigen Fällen die Reflexbewegungen aus, doch betrafen diese Fälle keineswegs vorzugsweise die oberste Wurzel und das Ausbleiben des Reflexes konnte ungezwungen aus der schwachen Erregbarkeit und grossen Erschöpfung des

Thieres erklärt werden, da sich dann auch die unversehrte Extremität als schwer oder gar nicht erregbar auswies. Uebrigens habe ich die Prüfung der einzelnen Wurzeln in so zahlreichen Experimenten mit positivem Erfolge gemacht, dass selbst der mögliche Einwand, es könne der Ursprung der reflectorisch unwirksamen Wurzel in verschiedenen Fällen variabel sein, nicht in Betracht kommt. — In derselben Weise verfuhr ich mit der Prüfung der vorderen Wurzeln und konnte auch hier die Reflexerregbarkeit sämmtlicher 4 Wurzeln konstatiren. Es geht also aus diesen Experimenten unzweifelhaft hervor, dass eine derartige Sonderung der Function in den Nervenwurzeln nicht stattfindet, ein Factum, welches der Annahme eines besonderen excitomotorischen Fasersystems nicht günstig ist, wenngleich es ihr auch nicht geradezu widerspricht. Denn immerhin wäre es denkbar, dass die Fasern mit verschiedener Function in den Nervenwurzeln schon gemischt wären. Nimmt man aber hinzu, dass jeder dem Willen unterworfene Muskel auch reflectorisch erregbar ist, und dass ein äusseres Unterscheidungsmerkmal zwischen willkührlichen und reflectorischen Bewegungen mit Sicherheit nicht zu finden ist, so wird man sich zu der Annahme einer so komplicirten Hypothese nicht veranlasst fühlen, zumal da es eine viel einfachere Erklärung giebt, die sowohl mit den physiologischen als histiologischen Thatsachen in genügender Uebereinstimmung steht. Nach dieser jetzt auch fast allgemein angenommenen Erklärung gehen die sen-

siblen und motorischen Nerven im Rückenmark durch Ganglienzellen vielfache Verknüpfungen ein und gehen aufwärts nach den Hirntheilen, um hier nochmals mit einander in anatomische Verbindung zu treten. —

Prüfung der reflectorischen Verknüpfung ungleichnamiger vorderer und hinterer Wurzeln in verschiedenen Combinationen.

Im Anschluss an diese Untersuchungen über die reflectorische Leistungsfähigkeit der vordern und hintern Wurzeln, legte ich mir die Frage vor, ob vielleicht ein Unterschied in der Reflexbeziehung zwischen den einzelnen Wurzeln untereinander existire und in welchem Umfang eine reflectorische Verknüpfung zwischen sensiblen und motorischen Nerven im Rückenmark stattfinde. Es wurden zu dem Zwek Experimente so angestellt, dass von den vier untern Wurzelpaaren immer eine hintere und eine vordere Wurzel (in allen möglichen Combinationen) erhalten blieb und alle übrigen durchschnitten wurden. Darauf wurde nach der Durchtrennung des Rückenmarks unterhalb der Rautengrube die Haut derjenigen Unterextremität, auf deren Seite nur eine hintere Wurzel erhalten war, durch Bestreichen mit Essigsäure gereizt und die eintretenden Bewegungen notirt. Es ergab sich auf diese Weise, dass von jeder einzelnen hinteren Wurzel aus Reflexe in beiden Oberextremitäten erzeugt werden konnten, und dass jede hin-

tere Wurzel mit jeder vorderen Wurzel sowohl derselben, wie der andern Seite in Reflexverknüpfung steht. Aus diesen Resultaten konnte der Schluss gezogen werden, dass ein verschiedenes Verhalten der einzelnen Wurzeln auch in dieser Beziehung nicht stattfindet, und ferner, dass die Reflexverbindungen zwischen sensiblen und motorischen Nerven ausserordentlich zahlreich sind; ja es wird sogar durch die Thatsache, dass Eine hintere Wurzel sämmtliche vordere Wurzeln aller Extremitäten reflectorisch zu erregen vermag, die Annahme wenn nicht bewiesen, so doch sehr wahrscheinlich gemacht, dass innerhalb des Rückenmarks jede sensible Nervenfaser mit jeder motorischen eine anatomische Reflexverbindung eingeht. —

Ueber die engere reflectorische Zusammengehörigkeit gewisser sensibler Wurzeln des Lendenmarks mit gewissen motorischen Wurzeln und Muskelgruppen.

Wenn es nach diesen Untersuchungen den Anschein hat, dass durch eine einzelne sensible Nervenfaser (oder wenigstens durch einen relativ kleinen Complex derselben) bei einer gewissen Stärke des Reizes der gesammte Muskelapparat der 4 Extremitäten reflectorisch zur Contraction gebracht werden kann, und wenn man die Beobachtung dagegen hält, dass eine so grosse Ausbreitung der Reflexbewegungen bei einer milderen Art der Reizung nicht stattfindet, so liegt die Ver-

muthung nahe, dass innerhalb des Rückenmarks unter den so zahlreichen Reflexverknüpfungen gewisse Verbindungen zwischen sensibeln und motorischen Nerven eine engere Zusammengehörigkeit haben, dass man auch im Rückenmark gewissen reflectorischen Heerden begegnen könnte, wie wir sie in der med. obl. antreffen. Diese Vermuthung zum Theil war es, die Sanders-Ezn bewog, eine Topographie der Reflexe für die hintern Extremitäten des Frosches auszuarbeiten (in der oben citirten Arbeit). Er untersuchte die Zusammengehörigkeit der gereizten Hautstelle mit der eintretenden Bewegung, und kam zu dem Resultate, für jede Hautstelle einen oder mehrere besonders zugehörige Bewegungstypen aufstellen zu können. Da jedoch nicht die gereizte Hautstelle als solche, sondern nur die getroffene sensible Nervenfaser für die eintretende Bewegung massgebend sein kann, so hielt ich es, um für die Resultate dieser Untersuchungen eine Gesetzmässigkeit herausfinden zu können, für nothwendig, mir zuvor über die Vertheilung der sensibeln Nervenfasern in der Haut einerseits und der motorischen in den Muskeln andrerseits Aufklärung zu verschaffen; und zwar ging ich auch hier mit meinen Untersuchungen bis zu der höchsten Stelle, wo man die Nerven noch gesondert antreffen kann, bis zu den Wurzeln hinauf.

Voruntersuchung über die Vertheilung der hintern Wurzeln an die Haut der Unterextremitäten.

Es sind über die Vertheilung der Nervenwurzeln, namentlich der hinteren, bereits zahlreiche Untersuchungen nach verschiedenen Methoden angestellt. Eckhard*) durchschnitt sämmtliche hintere Wurzeln bis auf die zu untersuchende, und bestimmte die noch empfindlich gebliebenen Hautstellen. Dieselbe Methode wandte Peyer an. Tuerk durchschnitt umgekehrt eine Wurzel und suchte die dadurch anästhetisch gewordenen Hautstellen zu bestimmen. Krause untersuchte, in welchen peripheren Nervenresten einige Zeit nach der Durchschneidung Einer Wurzel die fettige Degeneration eingetreten war. Koschewnikoff**) wandte die Methoden von Eckhard und Tuerk an. Da unter den Angaben der einzelnen Autoren keine genügende Uebereinstimmung herrscht, so hielt ich es zu meinem Zweck für nöthig, diese Untersuchungen zu wiederholen. Mein Verfahren bestand ebenfalls darin, dass ich alle Wurzeln bis auf die zu prüfende durchschnitt und darauf die unten angeführten Hautstellen nach einander mit einem in Essigsäure getränkten Fliesspapierstückchen auf ihre Empfindlichkeit prüfte. Zwei Fehler entgegengesetzter Art können bei

*) Ueber die Reflexbewegungen der 4 letzten Nervenpaare des Frosches, Zeitschr. für ration. Medic. v. Henle u. Pflueger. Bd. VII. 1847.

**) Du Bois-Reicherts Arch. III. Heft 1868.

diesem Verfahren leicht die Zuverlässigkeit der Resultate trüben. Es lässt sich nämlich bei der relativen Verschiedenheit der Dicke der einzelnen Wurzeln in den verschiedenen Fällen, kaum annehmen, dass die Vertheilung der Wurzeln in der Haut in allen Fällen eine absolut gleiche sein wird. Hat man in einem Falle gewisse Hautstellen von einer Wurzel versorgt gefunden und stellen sich in einem andern Fall bei der Prüfung derselben Wurzel noch eine oder mehrere Hautstellen dazu als empfindlich heraus, während andere wiederum ausfallen können, so kann man sehr leicht für Eine Wurzel einen zu grossen Verbreitungsbezirk annehmen. Diesen Fehler suchte ich dadurch zu umgehen, dass ich mit jeder Wurzel zahlreiche Prüfungen vornahm, und nur diejenigen Hautstellen als wirklich der betreffenden Wurzel angehörig annahm, die in allen Versuchen übereinstimmend empfindlich geblieben waren. Ein anderer Umstand kann zu dem entgegengesetzten Fehler Veranlassung geben. Es nimmt nämlich während des Versuches die Erregbarkeit des Thiers oft bedeutend ab, und es entsteht dadurch leicht ein Nachtheil auf Seiten der zuletzt geprüften Hautstellen, so dass solche Stellen, die ursprünglich empfindlich waren, nun unempfindlich erscheinen. Diesen Fehler glaube ich theils dadurch vermieden zu haben, dass ich die Fälle, in denen eine rasche Abnahme der Erregbarkeit eintrat, gänzlich verwarf, theils dadurch, dass ich die Reihenfolge in der Prüfung der Hautstellen bei den

verschiedenen Versuchen wechselte. Zur Uebersicht über die auf diese Weise gewonnenen Resultate möge folgende Tabelle dienen. Des leichteren Ueberblicks wegen sei es gestattet, die vier untersten Wurzeln (die 7.—10. Spinalwurzel) in absteigender Reihenfolge mit 1. 2. 3. 4. zu bezeichnen.

Oberschenkel Rückenfläche . .	1.	2.	3.	4.
„ Aussenfläche . .	1.	2.	3.	—
„ Innenfläche . . .	—	—	3.	4.
„ Bauchfläche . . .	1.	2.	—	—
Knie	1.	2.	—	—
Kniekehle	—	2.	3.	—
Unterschenkel Rückenfläche . .	1.	2.	3.	—
„ Aussenfläche . .	1.	2.	—	—
„ Wade	—	—	3.	4.
Hacke	—	—	3.	4.
Fussgelenk Aussenfläche . . .	1.	2.	—	—
„ Rückenfläche . . .	—	—	3.	4.
„ Bauchfläche . . .	—	2.	3.	—
Zwischen Hacke und Sohle . .	—	2.	3.	—
Vorder-Seitenrand des Fusses .	—	2.	3.	—
Hinter-Seitenrand des Fusses .	—	—	3.	4.
Fussrücken	—	2.	3.	—
Fusssohle	1.	2.	3.	—
Plantarfläche der Zehen . . .	1.	2.	3.	—
Dorsalfläche der Zehen	—	2.	3.	4.

Aus dieser Zusammenstellung ergiebt sich Folgendes: die Vertheilung der hintern Wurzeln in der Haut der

Unterextremitäten geschieht nicht so, dass Eine Wurzel einen bestimmten Hautbezirk für sich ausschliesslich in Anspruch nimmt, sondern jede Hautstelle bezieht ihre sensiblen Nervenfasern aus mindestens zwei, einige sogar aus allen hinteren Wurzeln. Immer sind die in ihrem Ursprung vom Rückenmark aufeinanderfolgenden Wurzeln auch in der Haut zusammen zu finden, und nie wird eine Hautstelle z. B. von der 1. und 3. Wurzel versorgt, wenn sie die 2. entbehrt. Den grössten Verbreitungsbezirk hat die 2. und 3. Wurzel, welche auch an ihrem Ursprung in der Regel am stärksten sind. — Bei der Vergleichung dieser Verhältnisse mit den Angaben Koschewnikoff's fand ich im Allgemeinen eine ziemlich genaue Uebereinstimmung, als abweichend habe ich jedoch hauptsächlich hervorzuheben, dass ich für die unterste Wurzel einen viel grössern Verbreitungsbezirk gefunden habe, und dass Koschewnikoff mehrere Hautstellen von nicht unbeträchtlicher Ausdehnung gefunden hat, die nur von einer Wurzel versorgt werden und nach Durchschneidung derselben ihre Sensiblität vollständig einbüssen. Um mir über den letzteren Punkt Gewissheit zu verschaffen, machte ich, da durch die angewandte Methode möglicherweise ein Fehler entstanden sein konnte, durch das umgekehrte Verfahren Kontrol-Versuche derart, dass immer die zu prüfende Wurzel allein durchschnitten wurde. Auch auf diese Weise gelang es mir nachzuweisen, dass die Hautem-

pfindlichkeit in Folge der Durchschneidung nur einer Wurzel an keiner Stelle erlischt. —

Ueber die Vertheilung der vordern Wurzeln an die Muskeln der Unterextremität.

Bei der Prüfung der vorderen Wurzeln musste ich mich, da es unmöglich erschien, direkt zu bestimmen, welche Muskeln im einzelnen Fall in Contraction gerathen, darauf beschränken, die durch die Reizung Einer Wurzel hervorgebrachten Gelenkstellungen anzugeben. Es bieten sich leicht 2 Methoden der Untersuchung dar, die der direkten Reizung der Wurzel an ihrem peripheren Ende und die der reflectorischen Erregung. Beide Methoden wurden in Anwendung gezogen, und zwar gewöhnlich so, dass zuerst nach der Durchschneidung aller Wurzeln bis auf die zu prüfende, die auf Reizung verschiedener Hautstellen eintretende Aenderung der Gelenkstellung beobachtet wurde, darauf an demselben Thiere die directe Erregung der einzelnen Wurzeln mittelst eines schwachen Inductionsstromes bewirkt wurde. Wie man aus der weiter unten folgenden Tabelle ersehen kann, werden oft von ein und derselben Wurzel antagonistische Muskelgruppen innervirt. Dieses Verhältniss gab sich sowohl bei der direkten wie bei der reflectorischen Erregung dadurch kund, dass die entgegengesetzten Bewegungen mit einander abwechselten. Welche von beiden Bewegungen zuerst eintrat, war meistens von der Lagerung

des Thieres abhängig. Bei der directen Reizung überwog bei starken Strömen die Streckung über die Beugung der Gelenke. Folgende Tabelle stellt die nach beiden Methoden in hinreichender Uebereinstimmung gefundenen Resultate zusammen:

	Hüftgelenk	Kniegelenk	Fussgelenk	Mittelfussgel.	Zehen
Beugung . . .	1. 2.	2. 3.	2. 3.	2. 3.	2. 3. 4.
Streckung . . .	3. 4.	2. 3.	3. 4.	3. 4.	— 3. 4.
Rotation n. Innen	1. 2.	2. 3.	2. 3.	— —	— — —
Rotation n. Auss.	3. 4.	2. 3.	3. 4.	— —	— — —
Adduction . .	2. 3.	— —	— —	— —	2. 3. 4.
Abduction . .	1. 2.	— —	— —	— —	— 3. 4.

Wie man aus dieser Zusammenstellung ersieht, zeigen auch die motorischen Wurzeln ein den sensiblen analoges Verhalten. Sie vertheilen sich an die Muskeln der Unterextremität nicht so, dass jeder Wurzel ein bestimmtes Muskelgebiet zufällt, vielmehr betheiligen sich an der Hervorbringung jeder Gelenkstellung mehrere Wurzeln und umgekehrt vermag jede Wurzel eine grosse Reihe von zum Theil antagonistischen Muskelgruppen zur Contraction zu bringen.

Wenn zwei Wurzeln der Hervorbringung derselben Gelenkstellung vorstehen, so konnte meistens schon jede einzelne von ihnen für sich das Maximum des Effekts hervorbringen und ihre Wirkung wurde durch die gleichzeitige Erregung der andern nicht verstärkt, ein Verhältniss, welches darauf hinzudeuten scheint, dass nicht nur eine ganze Muskelgruppe, sondern auch

ein einzelner Muskel von mehreren Nerven beherrscht wird, die aus verschiedener Höhe vom Rückenmark ihren Ursprung nehmen. — Betrachtet man nun den grossen Verbreitungsbezirk der einzelnen Wurzeln, so könnte es fast scheinen, als ob eine Unterscheidung zwischen ihrer Wirkung unmöglich wäre.

Dennoch lässt sich, wie aus der Tabelle ersichtlich, für jede Wurzel etwas Charakteristisches hervorheben. So ist die 1. Wurzel dadurch von den übrigen unterschieden, dass ihre Wirkung auf die Bewegung des Hüftgelenkes (und zwar Beugung, Abduction und Rotation nach Innen) beschränkt ist. Die 2. Wurzel steht hauptsächlich der Beugung sämmtlicher Gelenke vor, während die 3. Wurzel durch die Innervation antagonistischer Mukelgruppen ausgezeichnet ist. Die 4. Wurzel endlich ist an der Streckung sämmtlicher Gelenke kenntlich, nur an den Zehen vermag sie alle möglichen Bewegungen zu erzeugen. Aus diesen Verhältnissen ist es klar, dass es in den meisten Fällen möglich sein wird, anzugeben, welche Wurzel bei einer gegebenen Bewegung thätig ist, namentlich gelingt es leicht, die 1. und 2. Wurzel von einander und von der 4. zu unterscheiden, während die Unterscheidung der 2. von der 3. schon oft unmöglich ist. —

Engere Reflexverknüpfung zwischen **gleichnamigen** hintern und vordern Wurzeln.

Nach diesen Voruntersuchungen über die Vertheilung der vorderen und hintern Wurzeln an die Muskeln und

die Haut der Unterextremitäten war es möglich, auf die oben angeregte Frage einzugehen, ob unter den zahlreichen Reflexverbindungen zwischen sensiblen und motorischen Nerven im Rückenmark gewisse Verbindungen mit engerer Zusammengehörigkeit existiren, und ob den an jeder Hautstelle anzutreffenden sensiblen Nervenfasern aus verschiedenen Gebieten des Rückenmarks auch verschiedene, ihnen besonders eigenthümliche Reflexbewegungen entsprächen. Zur Beantwortung dieser Frage schlug ich 2 verschiedene Wege ein. Ich reizte an einem decapitirten, sonst aber unversehrten Frosch verschiedene Hautstellen der Unterextremität, verglich die eintretenden Bewegungen unter einander (nach dem Vorgange von Sanders-Ezn) und suchte den etwaigen Unterschied mit den verschiedenen dabei in Betracht kommenden sensiblen und motorischen Nervenfasern in Einklang zu bringen. Da aber nach den eben mitgetheilten Untersuchungen (über die Vertheilung der hintern Wurzeln an die Haut) sehr viele Hautstellen wenigstens Eine hintere Wurzel gemeinsam haben, da ferner viele gleiche Bewegungen durch verschiedene vordere Wurzeln bewirkt werden können, so ist es von vornherein zu erwarten, dass in vielen Fällen die von verschiedenen Hautstellen hervorgerufenen Bewegungen keinen wesentlichen Unterschied zeigen werden, und dass eine Analyse der Bewegungen mit Rücksicht auf die gereizten hinteren und die die Bewegung erzeugenden vorderen Wurzeln nur in wenigen Fällen gelingen wird. Die

andere Methode bestand darin, dass ich an demselben Thiere auf beiden Seiten immer je 3 hintere Wurzeln durchschnitt, so dass beiderseits nur Eine und zwar ungleichnamige hintere Wurzeln (und alle vorderen) erhalten blieben. So konnte, wenn ich correspondirende Hautstellen beiderseits reizte, den Unterschied in den eintretenden Bewegungen unmittelbar auf die Verschiedenheit der gereizten sensibeln Nervenfasern beziehen. Aber auch diese Methode führte zu keinen deutlichen Resultaten, so lange ich mich des gewöhnlichen Reizverfahrens bediente. Es traten auf beiden Seiten ganz complicirte Bewegungen ein, zwischen denen einen gesetzmässigen, wesentlichen Unterschied zu finden, meiner Auffassung wenigstens nicht gelang. Der Grund dieses Misserfolges lag offenbar darin, dass durch den heftigen Reiz, der eine beschränkte Hautstelle traf, die Erregung sich auf eine grosse Menge motorischer Fasern fortpflanzte. Wenn die Erregung daher nur auf diejenigen motorischen Fasern übergehen sollte, die mit den gereizten sensiblen in nächster Reflexverbindung stehen, so musste eine mildere Art der Reizung angewandt werden. Diese suchte ich dadurch zu erreichen, dass ich als Reizmittel Essigsäure von derjenigen Concentration wählte, welche gerade hinreichte, die ersten Reflexbewegungen auszulösen. Die erforderliche Stärke variirte bei verschiedenen Thieren, war aber im Mittel erreicht, wenn ich zu 20 Tropfen Aqu. destill. 10 Tropfen einer ca. 20 % Essigsäure hinzugefügt hatte. Wenn

ich nun mit dieser Flüssigkeit (mittelst kleiner Fliesspapierstückchen) bei Thieren, die in der beschriebenen Art operirt waren, correspondirende Hautstellen der beiden Unterextremitäten (nach einander) reizte, so zeigten die eintretenden Bewegungen auf beiden Seiten einen deutlichen Unterschied, und zwar traten, wie ich mich durch genauere Betrachtung überzeugen konnte, immer solche Bewegungen ein, welche nach dem oben Mitgetheilten für die (mit der gereizten sensiblen) gleichnamige motorische Wurzel charakteristisch sind. Dieses Verhältniss war besonders dann klar, wenn ich auf einer Seite die 1., auf der andern die 4. hintere Wurzel unversehrt gelassen hatte; doch auch für die übrigen Wurzeln konnte durch eine ungezwungene Erklärung dasselbe Verhalten angenommen werden.

Bei Reizung der verschiedenen Hautstellen derselben Extremität blieben die Bewegungen zwar nicht ganz gleich, variirten jedoch immer innerhalb der Grenzen der entsprechenden motorischen Wurzel. — Das Resultat dieser Untersuchungen war also dieses, dass jede hintere Wurzel bei genügend starkem Reiz zwar alle vorderen Wurzeln reflectorisch zu erregen vermag, in nächster Reflexbeziehung jedoch mit der entsprechenden vordern steht. — Dieses Verhalten erwies sich auch aus den nach der vorhin angegebenen Methode (der Reflexversuche an Thieren mit intakten Wurzeln) gewonnenen Resultaten als richtig. In ziemlicher Uebereinstimmung

mit den Angaben von Sanders-Ezn*) fand ich, dass Beugung des Hüftgelenks (eine von der 1. und 2. vorderen Wurzel hervorgebrachte Bewegung) am leichtesten hervorzurufen war von der Rücken- und Aussenfläche des Oberschenkels, Knie, Aussenfläche des Unterschenkels und Plantarfläche der Zehen. Alle diese Stellen enthalten vorzugsweise die 1. und 2. hintere Wurzel. Streckung des Hüftgelenks (3. und 4. vordere Wurzel) erfolgte von der Innenfläche des Oberschenkels, Kniekehle, Wade, hinterem Seitenrand des Fusses. Diese Stellen sind sämmtlich ausschliesslich von der 3. und 4. hintern Wurzel versorgt. Von denselben Stellen aus trat die Rotation des Hüftgelenks nach Aussen ein (ebenfalls 3. und 4. vordere Wurzel). Für die Bewegungen des Kniegelenks (2. und 3. vordere Wurzel) konnte ich keine vorzugsweise dazu disponirten Hautstellen finden, was vielleicht darin seinen Grund hat, dass die 2. und 3. hintere Wurzel fast keiner Hautstelle fehlt. Ebenso verhält es sich mit der Beugung des Fussgelenks; die Streckung und Rotation nach Aussen (3. und 4. vordere Wurzel) fiel mit den Stellen zusammen, von denen aus eine Streckung des Hüftgelenks erfolgte (3. und 4. hintere — 3. und 4. vordere Wurzel). Die Beugung und Adduction der Zehen trat ziemlich gleichmässig von allen Hautstellen aus ein, dem entsprechend betheiligen sich an diesen Bewegungen die 2., 3. und 4. vordere Wurzel, die Strekung

---

*) Topographie der Reflexe.

und Abduction derselben (3. und 4.) zeigte eine Vorliebe für die Stellen, von denen aus die Streckung des Hüftgelenks (ebenfalls 3. und 4.) am leichtesten erfolgte. —

Aus diesen Verhältnissen geht hervor, dass die Erklärung, warum einzelne Hautstellen eine Vorliebe für gewisse Reflexbewegungen zeigen, darin zu suchen ist, dass ihre sensiblen Nerven mit den die betreffende Bewegung erzeugenden motorischen Nerven im Rückenmark in näherer reflectorischer Verknüpfung stehen. Dass aber bei intensiver Reizung von denselben Stellen aus auch alle möglichen anderen Bewegungen hervorgehen, und dass diese Bewegungen bei verschiedenen Thieren etwas verschieden ausfallen, findet eine hinreichende Erklärung in dem Umstande, dass die Reflexverknüpfungen im Rückenmark ausserordentlich zahlreich sind und dass die Vertheilung der hintern Wurzeln an die Haut namentlich in quantitativer Beziehung Schwankungen unterworfen ist. Um desswillen aber das Rückenmark zum Sitz „gewisser veränderlicher Bedingungen, einer beliebigen Disposition über die Leitungswiderstände“ und anderer gänzlich unbekannter Factoren zu machen, erscheint vor der Hand entbehrlich.

Herrn Professor v. Wittich, der die Güte hatte, mir für die vorliegende Arbeit die Benutzung des physiologischen Instituts zu gestatten und mich bei der Ausführung derselben in jeder Weise zu unterstützen, erlaube ich mir hiermit meinen aufrichtigen Dank zu sagen.

Thesen.

1. Die Kaltwasser- und Chinin-Behandlung des Typhus ist dringend zu empfehlen.
2. Die Accommodation des Auges für die Nähe beruht allein auf der Wirkung des M. Tensor choroideae; die Accommodation für die Ferne ist ein rein passiver Vorgang.

Lebenslauf.

Geboren wurde ich, Junius Georg Immanuel Hein, zu Jurgaiczen, Kreis Darkehmen, am 6. *Juni* 1846. *Vier Jahre lang besuchte ich das hiesige Kneiphöfsche Gymnasium, von welchem ich Ostern* 1865 *mit dem Zeugniss der Reife entlassen wurde. Auf hiesiger Universität war ich von Ostern* 1865 *bis Ostern* 1869 *immatriculirt. Den* 13. *März* 1867 *absolvirte ich das Tentamen physicum. Während meiner Studienzeit habe ich folgende Vorlesungen gehört:*

Bei Herrn Professor Burdach: Knochenlehre, Gefässlehre und Nervenlehre des menschlichen Körpers. Bei Herrn Professor Mueller: Gesammte Anatomie des menschlichen Körpers; vergleichende Anatomie. Entwickelungsgeschichte des Menschen und der Wirbelthiere. Anatomische Characteristik der niederen Thierklassen. Ueber Missgeburten. Anatomische Präparirübungen. Bei Herrn Professor v. Wittich: Medicinische Methodologie. Gewebelehre des menschlichen Körpers. Experimental-Physiologie. Physiologie der Sinnesorgane. Physiologisches Laboratorium. Bei Herrn Professor Goltz: Gefässlehre. Physiologie des Blutkreislaufs. Chirurgische Anatomie. Arterien-Unterbindungen. Bei Herrn Professor Cas-

pary: Medicinische Botanik. Bei Herrn Professor Moser: Experimental-Physik. Magnetismus und Galvanismus. Physik der Sinne. Bei Herrn Professor Werther: Anorganische Chemie. Organische Chemie. Bei Herrn Professor Leyden: Diagnostik. Specielle Pathologie und Therapie. Bei Herrn Professor Wagner: Akiurgie. Specielle und allgemeine Chirurgie. Chirurgische Operationsübungen. Bei Herrn Dr. Nothnagel: Physicalische Diagnostik mit practischen Uebungen. Der Gebrauch der Electricität in der Medicin. Bei Hrn. Professor Neumann: Specielle phathologische Anatomie. Demonstrationen Pathologischer Präparate. Bei Herrn Professor Hildebrandt: Theoretische Geburtshülfe. Geburtshülflicher Operationscursus. Bei Herrn Professor H. Jacobson: Medicinische Physik. Herzkrankheiten. Bei Hrn. Dr. Berthold: Uebungen im Augenspiegeln. Accommodations- und Refractionsanomalien. Bei Herrn Dr. Jaffe: Physiologische und pathologische Chemie. Bei Herrn Dr. Caspary: Syphilis, Fracturen und Luxationen.

Ausserdem habe ich die medicinische Klinik und Poliklinik des Herrn Professor Leyden, die chirurgische Klinik und Poliklinik des Herrn Professor Wagner, die geburtshülfliche Klinik und Poliklinik des Herrn Professor Hildebrandt, die ophthalmologische Poliklinik des Herrn Professor J. Jacobson, die ophthalmologische Klinik und Poliklinik des Herrn Dr. Berthold als Auscultant und Practikant besucht.

Allen diesen Herren sage ich hiermit meinen aufrichtigen Dank.
